

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

*Методические рекомендации к курсовому проектированию  
для студентов специальности  
1-36 01 01 «Технология машиностроения»  
очной и заочной форм обучения*



УДК 621.9.07  
ББК 30.605  
Т 38

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «25» марта 2019 г.,  
протокол № 13

Составитель канд. техн. наук, доц. А. В. Капитонов

Рецензент В. В. Кутузов

В методических рекомендациях изложена последовательность проектирования специальных станочных приспособлений и даны подробные указания по выполнению этапов проектирования. Приведено содержание расчетов и графической части курсовой работы. Даны примеры выполнения курсовой работы.

Учебно-методическое издание

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Технический редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	М. А. Меленяко

Подписано в печать . Формат 60x84 /16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 66 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2019



## Содержание

1 Цель курсовой работы.....	4
2 Содержание курсовой работы.....	4
3 Введение.....	5
4 Исходные данные и последовательность проектирования станочных приспособлений.....	5
5 Технологический маршрут механической обработки детали.....	7
6 Расчет режимов резания, сил и мощности резания.....	7
7 Обоснование выбора элементов и устройств приспособления.....	7
8 Силовой расчет приспособления.....	9
9 Расчет и выбор параметров механизированного привода .....	19
10 Прочностные расчеты деталей приспособления.....	21
11 Расчет приспособления на точность.....	22
12 Разработка сборочного чертежа и технических требований к приспособлению .....	26
13 Описание конструкции приспособления и принципа его работы.....	27
14 Заключение.....	27
Список литературы.....	27
Приложение А.....	28
Приложение Б.....	31
Приложение В.....	32
Приложение Г.....	34
Приложение Д.....	37



## 1 Цель курсовой работы

Курсовая работа посвящена решению одной задачи, связанной с расчетом и проектированием специального станочного приспособления с механизированным приводом для обработки заданной поверхности детали.

## 2 Содержание курсовой работы

Курсовая работа должна состоять из расчетно-пояснительной записки и сборочного чертежа приспособления с необходимым количеством проекций, разрезов, сечений и спецификации.

Пояснительная записка оформляется на стандартных листах писчей бумаги формата А4 в соответствии с ГОСТ 2.105–95 *Общие требования к текстовым документам* (рекомендуется оформлять методами машинной графики).

Содержание расчетно-пояснительной записки:

- введение;
- технологический маршрут механической обработки детали;
- расчет режимов резания, сил и мощности резания;
- обоснование выбора элементов и устройств приспособления (*установочных, зажимных, вспомогательных элементов и привода*);
- расчетная схема и силовой расчет приспособления;
- расчет и выбор параметров механизированного привода (*выбор типа привода, расчет параметров привода*);
- прочностные расчеты деталей приспособления;
- выбор расчетного параметра точности приспособления;
- расчет допуска на изготовление приспособления (*допуск рассчитывается для выбранного расчетного параметра*);
- установление допусков на звенья размерной цепи приспособления;
- технические требования к приспособлению по обеспечению величины расчетного параметра точности (*допуска на изготовление приспособления*);
- описание конструкции приспособления и принципа его работы.

При разработке технологического маршрута не рекомендуется использовать станки с ЧПУ фрезерно-сверлильной группы на операциях, для которых проектируется станочное приспособление, что исключает применение специальных приспособлений с поворотными устройствами и кондукторами.

В курсовой работе рекомендуется проектировать одноместные однопозиционные приспособления, использовать поворотные делительные устройства, например, при обработке нескольких отверстий или пазов последовательно. При сверлении отверстий рекомендуется проектировать приспособления типа кондукторов для направления сверла.

Графическая часть выполняется методами машинной графики с соблюдением правил и требований ЕСКД и включает в себя:

- чертеж детали на листе формата А3 или А4 в масштабе 1:1;

– сборочный чертеж приспособления на листе формата А2 или А1 желательно в масштабе 1:1.

Количество видов и разрезов выбирается из условия достаточности для чтения и понимания чертежа и выполнения детализовки. На чертеже указываются габаритные размеры, посадки гладких соединений и размеры, характеризующие точность приспособления, а также приводятся техническая характеристика (*сила закрепления и сила на приводе*) и технические требования (*по результатам расчета приспособления на точность*).

В конструкции приспособления следует использовать стандартные установочные, зажимные и вспомогательные элементы, а также силовые узлы и приводы. Корпусы приспособлений желательно выполнять из корпусных деталей стандартных наборов УСП (универсально-сборных приспособлений).

### 3 Введение

Во введении описываются современное состояние технологического оснащения производства, проблемы, возникающие при проектировании приспособлений, и методы их решений.

### 4 Исходные данные и последовательность проектирования станочных приспособлений

*Исходными данными* для проектирования специального приспособления являются чертежи детали и заготовки, технические требования по приемке детали, технологический процесс ее изготовления, годовой объем выпуска, а также справочная информация по приспособлениям и оборудованию. Из технологического процесса изготовления детали выясняются последовательность и содержание операций, способ базирования, используемые станки и инструменты, режимы резания и нормы времени.

Перед проектированием приспособления необходимо ознакомиться с характеристикой станка, используемого на данной операции; с основными размерами, связанными с размещением приспособления; размерами стола; пределами его рабочих перемещений; расположением Г-образных пазов; наименьшим расстоянием от стола до шпинделя; размером конуса шпинделя; расположением органов управления.

Проектирование любого приспособления содержит несколько последовательно или одновременно выполняемых этапов.

Вначале, на основе анализа операционных эскизов и предложенной технологической схемы базирования, решается вопрос установки заготовки в приспособлении. Выбираются установочные и зажимные элементы приспособления, определяется вид зажимного устройства и его привод, а также выбираются элементы приспособления для направления или контроля положения инструмента, вспомогательные устройства и детали. При этом ведется *эскизная проработка*, т. е. разработка *конструктивной схемы приспособления*, которая в зависимости

от характера обработки, конфигурации заготовки, принятого станка и штучного времени на операцию может быть одноместной однопозиционной, многоместной однопозиционной, одноместной многопозиционной и многоместной многопозиционной. Целесообразность выбора той или иной схемы приспособления обосновывается в самом начале при его эскизной проработке.

Чаще всего применяются однопозиционные приспособления. Многопозиционные приспособления применяют в условиях крупносерийного и массового производства преимущественно на специальных станках.

После эскизной проработки выполняют *силовой расчет приспособления*, который включает определение величин сил резания на выполняемой операции, их направления относительно установочных и зажимных элементов, определение сил зажима, реакций опор, сил трения, действующих моментов, плеч действующих сил и других параметров. Заканчивают силовой расчет расчетом зажимного устройства и его привода, а также расчетами на прочность наиболее нагруженных деталей приспособления.

Затем по результатам силового расчета производится корректировка конструктивной схемы приспособления и *разработка общего вида*, т. е. *сборочного чертежа*. При этом широко используются приведенные в справочной литературе стандартизованные конструкции деталей, устройств и элементов приспособлений. Заканчивается данный этап разработки станочного приспособления выполнением сборочного чертежа с необходимыми разрезами и видами и составлением спецификации.

Следующим этапом проектирования приспособления является его *расчет на точность*, при выполнении которого выбирают расчетный параметр точности и определяют его величину. Заканчивается этот расчет разбивкой значения расчетного параметра на допуски размеров деталей приспособления, входящих в соответствующую размерную цепь, т. е. тех деталей, которые определяют требуемую точность обработки заготовки на данной операции. Если окажется, что точность отдельных деталей приспособления, ответственных за точность обработки на данной операции, технологически недостижима, то в этом случае поступают так:

- уточняют конструкцию приспособления в части изменения схемы установки детали (если погрешности базирования и закрепления не равны нулю);
- уменьшают количество стыков и, следовательно, звеньев размерной цепи, формирующей выполняемый размер заготовки;
- решают вопрос о расширении допуска на выполняемый размер;
- обеспечивают требуемую точность размера приспособления путем окончательной обработки приспособления в сборе.

На заключительном этапе проектирования приспособления разрабатываются технические условия, составляется описание его работы.

## 5 Технологический маршрут механической обработки детали

Маршрутный техпроцесс разрабатывается для условий серийного производства.

На первом этапе определяется метод получения заготовки, приводится его краткое описание, определяются размеры заготовки.

Технологический маршрут механической обработки детали представляется в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Технологический маршрут механической обработки детали

Наименование и содержание операции	Наименование и модель станка	Схема базирования и операционный эскиз обработки	Режущий, мерительный инструмент	Скорость резания $V$ , м/мин	Подача $S$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм

Пример технологического маршрута механической обработки детали представлен в таблице А.1.

## 6 Расчет режимов резания, сил и мощности резания

Режимы резания (глубина резания, подача, скорость резания) и силы резания определяются по известным эмпирическим формулам теории резания металлов. Исходными данными при этом являются сведения о виде обработки, инструменте, материале заготовки. Формулы для определения режимов, сил и мощности резания при различных видах обработки приведены в [1].

## 7 Обоснование выбора элементов и устройств приспособления

Дается обоснование выбора *установочных и зажимных элементов, элементов приспособления для определения положения или направления инструментов, вспомогательных элементов, привода приспособления и корпуса.*

Для типовых конструкций деталей разработаны рациональные *способы базирования и схемы установки* заготовок в приспособлениях [1–5]. В зависимости от конфигурации детали, обрабатываемой поверхности и заданного способа установки выбираются установочные элементы, к которым относятся опоры, опорные пластины, призмы, втулки, цанги, оправки, пальцы, сухари, кулачки разжимных устройств и др. элементы.

*Зажимные элементы и устройства* приспособлений должны быть просты по конструкции, надежны в работе и удобны в эксплуатации; быть сменными и износостойкими; обладать достаточным ходом, чтобы не мешать установке и снятию детали; не должны вызывать чрезмерную деформацию закрепляемой за-

готовки и порчу ее поверхности; не должны самопроизвольно отключаться. Закрепление и открепление заготовок в приспособлении должно производиться с минимальными затратами сил и времени. При выборе или разработке конструкции зажимных устройств приспособления следует пользоваться сведениями, приведенными в [1–5].

*Элементы приспособления для определения положения или направления инструментов* служат для постановки обрабатываемого инструмента в требуемое положение при настройке станка на обработку партии заготовок. Во фрезерных приспособлениях – это *высотные* и *угловые установки*; в сверлильных и расточных – *кондукторные втулки*. Эти элементы должны иметь повышенные точность, качество отделки и высокую износостойкость. Конструкции и основные размеры установов и кондукторных втулок приведены в [1–5].

*К вспомогательным устройствам* станочного приспособления относятся поворотные и длительные устройства, выталкиватели, защелки и откидные винты, подъемные механизмы, тормозные и прижимные устройства, рукоятки, маховики, сухари, крепежные и другие детали. Эти устройства служат для расширения технологических возможностей, повышения быстродействия, удобства управления приспособлениями и их обслуживания. Типы и размеры направляющих поворотных устройств и фиксаторов приводятся в [1–5].

Наиболее широко применяют *пневматический* и *гидравлический* приводы. *Пневмопривод* имеет преимущества перед гидроприводом: используется магистраль сжатого воздуха, имеющаяся на большинстве заводов; нет возвратных проводов, так как отработавший воздух выпускается в окружающую среду; простота аппаратуры и арматуры. Его недостаток – низкое рабочее давление сжатого воздуха (0,4...0,63 МПа, максимальное – 1 МПа), что требует использования цилиндров большого диаметра и механизмов-усилителей (рычажных, клиновых, винтовых, эксцентриковых и их сочетаний).

*Гидропривод* отличается малыми диаметрами гидроцилиндров, так как используется рабочая жидкость под большим давлением (до 15...20 МПа). При этом силы закрепления можно передавать непосредственно от гидроцилиндров зажимным устройствам, исключая применение механизмов-усилителей. Однако применение гидропривода оправдано только на тех станках, которые имеют свою гидростанцию.

*Корпусы* изготавливают из серого чугуна (СЧ10, СЧ15, СЧ20 и др.), алюминиевых сплавов (АЛ6, АЛ9), сталей (Ст3, Ст5, 35Л, 45 и др.). В зависимости от материала используют различные методы изготовления корпусов: литье, ковку, штамповку, сварку, сборку из отдельных элементов. Конфигурация корпуса определяется взаимным расположением элементов и механизмов станочного приспособления, а его конструкция выбирается с учетом комплекса требований, которым должно удовлетворять и приспособление, и сам корпус как деталь.

## 8 Силовой расчет приспособления

В силовом расчете приспособления нужно рассчитать силу закрепления заготовки, силу на зажимном механизме (рычажном, эксцентриковом, клиновом, клиноплунжерном, винтовом, комбинированном, если он используется), силу на приводе.

### 8.1 Методика расчета сил закрепления заготовок

На заготовку при обработке в приспособлении действуют силы и моменты сил резания, сила закрепления. Сила тяжести заготовки учитывается только при большой ее массе в некоторых расчетных схемах, в курсовой работе ее можно не учитывать. Под действием этих сил заготовка должна находиться в равновесии. Задача расчета силы закрепления состоит в определении всех действующих на заготовку сил и моментов и обеспечении их равновесия, т. е. неподвижности заготовки путем уравнивания сдвигающих ее сил и моментов резания силами закрепления с достаточным запасом и силами трения (при их наличии).

При выполнении силового расчета вначале определяются силы резания в их наиболее неблагоприятных направлениях по отношению к заготовке; затем – точки приложения и направления сил закрепления, реакции опор, силы трения, действующие моменты, плечи действующих сил, составляется расчетная схема, записываются уравнения равновесия сил, из решения которых определяются значения силы закрепления заготовки. По найденным силам закрепления в дальнейшем ведется расчет зажимных механизмов и их приводов.

Сила закрепления заготовки определяется из условий равновесия сил, которые составляются на основе рассмотрения расчетной схемы. Примеры составления расчетных схем и определения сил закрепления заготовок при различных способах их установки приведены в [2].

Условие равновесия сил – это равенство нулю суммы проекций всех сил на направление возможного сдвига заготовки и (или) равенство нулю суммы моментов всех сил относительно оси, вокруг которой возможен поворот заготовки. При этом учитывается коэффициент запаса  $K$ , т. е. в уравнения равновесия включаются значения сдвигающей силы (силы резания) и вращающего момента (момента резания), увеличенные в  $K$  раз.

Коэффициент запаса является комплексной величиной, представляемой в виде произведения [2]:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad (8.1)$$

где  $K_0$  – гарантированный коэффициент запаса,  $K_0 = 1,5$ ;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий степень затупления инструмента. Для черновых токарных работ принимают  $K_1 = 1,4$ ; для сверления и фрезерования  $K_1 = 1,6$ ;



$K_2$  – коэффициент, учитывающий неравномерный припуск. Для черновых токарных и фрезерных операций  $K_2 = 1,2$ ; для сверления  $K_2 = 1,0$ ;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий прерывистость резания. Для токарных и сверлильных работ принимают  $K_3 = 1,0$ ; для фрезерования  $K_3 = 1,2$ ;

$K_4$  – коэффициент, учитывающий непостоянство сил закрепления. Для пневматических и гидравлических зажимов  $K_4 = 1$ ; для ручного привода  $K_4 = 1,3$ ;

$K_5$  – коэффициент, учитывающий непостоянство сил закрепления при ручном приводе. Для ручного привода  $K_5 = 1,2$ ; для пневматического или гидравлического привода  $K_5 = 1,0$ ;

$K_6$  – коэффициент, учитывающий непостоянство положения сил на поверхностях контакта установочных элементов с заготовкой. При установке заготовок на точечные опоры, кулачки токарных патронов, призмы  $K_6 = 1,0$ ; для установки призматических и корпусных заготовок по черновым или необработанным поверхностям на опорные пластины  $K_6 = 1,5$ .

При расчете сил закрепления рекомендуется принимать следующие допущения в соответствии с [2]:

- не учитывать податливость зажимных и опорных устройств;
- силы, распределенные по площадке ограниченных размеров, считать сосредоточенными в центре тяжести этой площадки;
- силы, распределенные по кольцевой площадке малой ширины, считать распределенными вдоль средней окружности кольца;
- вес заготовки не учитывать;
- руководствоваться принципом независимости действия сил.

## **8.2 Типовые примеры расчета сил закрепления приспособлений**

Расчет сил закрепления заготовок в приспособлениях рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

1 Записать исходные данные.

2 Составить схему закрепления заготовки, на которой нужно показать:

– схему обрабатываемой заготовки (в соответствии с чертежом варианта задания) с условными обозначениями технологических баз, сил и (или) моментов резания, действующих в наиболее неблагоприятных направлениях по отношению к заготовке (вызывающих сдвиг или поворот заготовки);

– точки приложения и направления реакций опор (в некоторых схемах не показывают), сил трения (если они есть) и силы (сил) закрепления.

3 Составить одно или два уравнения равновесия сил и (или) моментов сил, действующих на заготовку.

4 Рассчитать силы резания и (или) моменты резания.

5 Рассчитать коэффициент запаса.

6 Из уравнений равновесия сил и (или) моментов сил найти силы закрепления заготовки.



**Пример 1** – Цилиндрическая заготовка (втулка, вал или корпус) базируется на наружной цилиндрической поверхности в призме (рисунок 8.1) без упора в торец. Закрепляется с помощью гидравлического привода. Производится сверление центрального отверстия на горизонтально-расточном станке. Требуется определить силу закрепления заготовки  $W$ .

*Исходные данные:* наружный диаметр втулки  $2R = 100$  мм; диаметр сверла и отверстия после сверления  $d = 20$  мм; подача  $s = 0,2$  мм/об; коэффициенты трения  $f = f_1 = 0,2$ ; заготовка из конструкционной стали; материал режущей части сверла – быстрорежущая сталь; мощность электродвигателя главного движения станка  $N_{cm} = 6$  кВт.

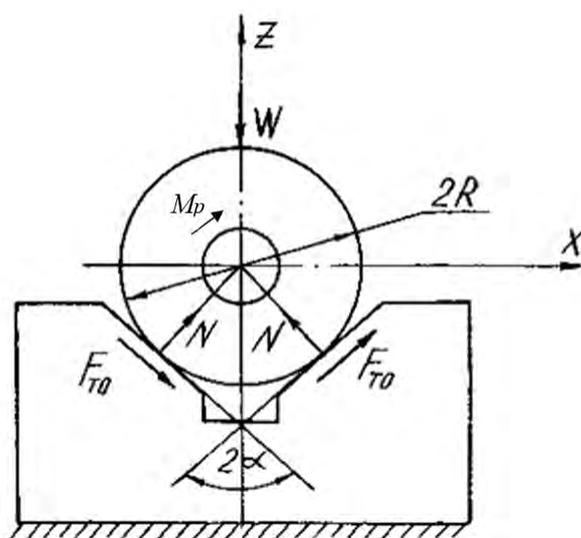


Рисунок 8.1 – Расчетная схема сил закрепления цилиндрической заготовки-втулки

Составим два условия равновесия:

$$\Sigma m_y = M_p - M_T = 0 ; \quad (8.2)$$

$$\Sigma Y = P_y - F_{Ty} = 0 , \quad (8.3)$$

где  $M_T$  – момент трения, образуемый силами трения  $F_{T0}$  и  $F_T$ , действующими в окружном направлении,  $M_T = 2F_{T0}R + F_T R$ , причем  $F_{T0} = Nf$ , а  $F_T = Wf$ ;

$F_{Ty}$  – сила трения в осевом направлении,  $F_{Ty} = 2Nf_1 + Wf_1$ ;

$f$  – коэффициент трения в окружном направлении;

$f_1$  – коэффициент трения в осевом направлении;

$R$  – радиус втулки (см. рисунок 8.1).

Из рисунка 8.1 следует, что

$$N = \frac{W}{2 \sin \alpha} , \quad (8.4)$$

где  $\alpha$  – половина угла призмы,  $\alpha = 45^\circ$ .

Тогда

$$\Sigma m_y = M_p - \frac{W f R}{\sin \alpha} - W f R = 0, \quad (8.5)$$

откуда (с учетом коэффициента запаса) получим

$$W = \frac{K M_p \sin \alpha}{f R (1 + \sin \alpha)}. \quad (8.6)$$

Из соотношения

$$\Sigma y = P_y - W \left( \frac{f_1}{\sin \alpha} + f_1 \right) = 0 \quad (8.7)$$

найдем

$$W = \frac{K P_y \sin \alpha}{f_1 (1 + \sin \alpha)}. \quad (8.8)$$

Из двух найденных значений  $W$  следует выбрать наибольшее.

Найдем скорость резания по таблице Б.1. Для заготовки из стали с диаметром обрабатываемого отверстия  $d = 20$  мм, при обработке с подачей  $s = 0,2$  мм/об, скорость резания при сверлении  $v = 29$  м/мин.

При сверлении момент резания  $M_p$ , Н·м, рассчитывают по формуле

$$M_p = 10 C_M D^q s^y k_{mp}, \quad (8.9)$$

где  $C_M$  – коэффициент, учитывающий условия обработки;

$D$  – диаметр сверла, мм;

$s$  – подача, мм/об;

$k_{mp}$  – коэффициент, учитывающий материал обрабатываемой заготовки.

При расчетах принимать  $k_{mp} = 1$ .

При сверлении осевую силу рассчитывают по формуле

$$P_y = P_o = 10 C_p D^q s^y k_{mp}, \quad (8.10)$$

где  $C_p$  – коэффициент, учитывающий условия обработки.

Глубина резания при сверлении определяется по формуле

$$t = \frac{D}{2}. \quad (8.11)$$



Найдем момент резания при сверлении по формуле (8.9) и таблице Б.2:

$$M_p = 10C_M D^q s^y k_{mp} = 10 \cdot 0,034 \cdot 20^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1 = 37,5 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Найдем осевую силу резания по формуле (8.10) и таблице Б.2:

$$P_o = 10C_p D^q s^y k_{mp} = 10 \cdot 68 \cdot 20^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1 = 4408 \text{ Н}.$$

Найдем коэффициент запаса, пользуясь вышеприведенными рекомендациями:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 = 1,5 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,4 .$$

Рассчитаем частоту вращения шпинделя станка по формуле [1]

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 29}{\pi \cdot 20} = 462 \text{ об/мин}, \quad (8.12)$$

где  $D$  – диаметр сверла, мм.

Рассчитаем мощность резания по формуле [1]

$$N_p = \frac{M_p n}{9750} = \frac{37,5 \cdot 462}{9750} = 1,8 \text{ кВт} \quad (8.13)$$

и сравним с мощностью станка:

$$N_p \leq N_{cm} . \quad (8.14)$$

Тогда  $1,8 \leq 6,0$  .

Подставив численные значения в формулы (8.6) и (8.8), имеем

$$W = \frac{K M_p \sin \alpha}{f R (1 + \sin \alpha)} = \frac{2,4 \cdot 37,5 \cdot 0,707}{0,2 \cdot 0,05 \cdot (1 + 0,707)} = 3728 \text{ Н} ;$$

$$W = \frac{K P_y \sin \alpha}{f_1 (1 + \sin \alpha)} = \frac{2,4 \cdot 4408 \cdot 0,707}{0,2 \cdot (1 + 0,707)} = 21908 \text{ Н} .$$

Из полученных величин  $W$  принимаем за окончательный результат большее значение, т. е.  $W = 21908 \text{ Н}$ .



**Пример 2** – Цилиндрическая заготовка базируется по наружной цилиндрической поверхности в призме без упора в торец (рисунок 8.2). Ведется сверление, зенкерование или развертывание шести отверстий одним инструментом или шестью инструментами одновременно. Каждый инструмент воздействует на заготовку моментом  $M_p$  и силой  $P_x$ . Требуется определить силу закрепления  $W$ .

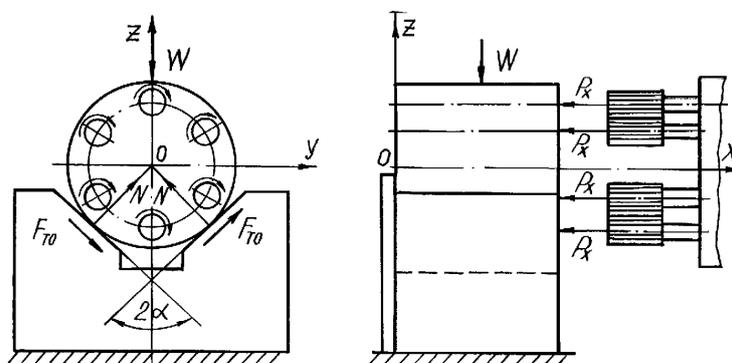


Рисунок 8.2 – Схема к задаче для расчета силы закрепления заготовки

В этом примере если обработка отверстий выполняется одним инструментом, т. е. обрабатывается одно отверстие, то расчет сил закрепления производится по формулам (8.6) и (8.8) предыдущей задачи. Момент резания переносится на ось вращения заготовки. Если обрабатывается несколько отверстий, то момент  $M$  резания и осевую силу резания  $P_x = P_o$  нужно умножить на количество одновременно обрабатываемых отверстий  $n$ , т. е. подставить в формулы (8.6) и (8.8)  $n \cdot M$  и  $n \cdot P_x$ .

**Пример 3** – При фрезеровании радиальных пазов заготовок типа крышек, стаканов, дисков при вертикальном положении их осей и установке на горизонтальную опору на фрезерных станках (рисунок 8.3) силы закрепления рассчитывают по методике, приведенной в примере 1. Для этой схемы учитывают только момент резания, т. к. остальные силы резания прижимают заготовку к опорам.

Силу закрепления (см. рисунок 8.3) определяют по формуле

$$W = \frac{KM_p}{f R_{np}}, \quad (8.15)$$

где  $f$  – коэффициент трения,  $f = 0,2$ ;

$R_{np}$  – приведенный радиус,

$$R_{np} = \frac{1}{3} \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}. \quad (8.16)$$

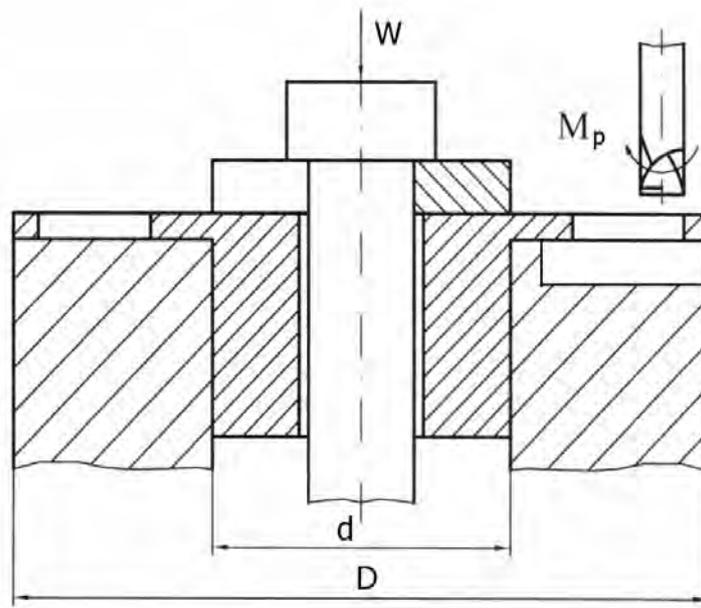


Рисунок 8.3 – Схема для расчета силы закрепления заготовки-стакана при фрезеровании пазов

При сверлении отверстий по схеме на рисунке 8.4 можно использовать формулы (8.15) и (8.16). Здесь  $M_p$  – это момент на сверле.

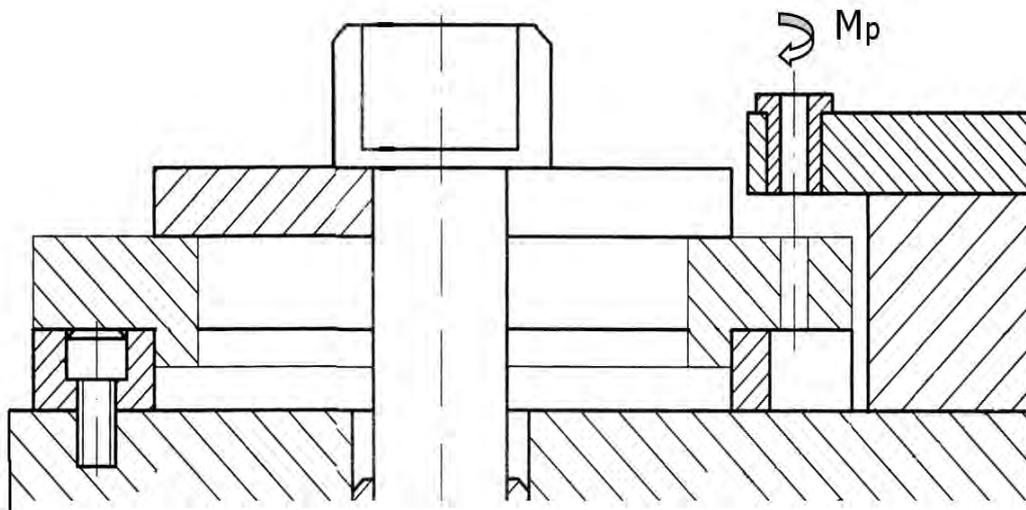


Рисунок 8.4 – Схема для расчета силы закрепления заготовки-штулки при сверлении отверстия через кондукторную втулку

**Пример 4** – Вал базируется двумя наружными цилиндрическими поверхностями в двух призмах (рисунок 8.5). Закрепляется с помощью прихвата силой  $W$ . Производится фрезерование пазы на вертикально-фрезерном станке. Требуется определить силу закрепления заготовки  $W$ .

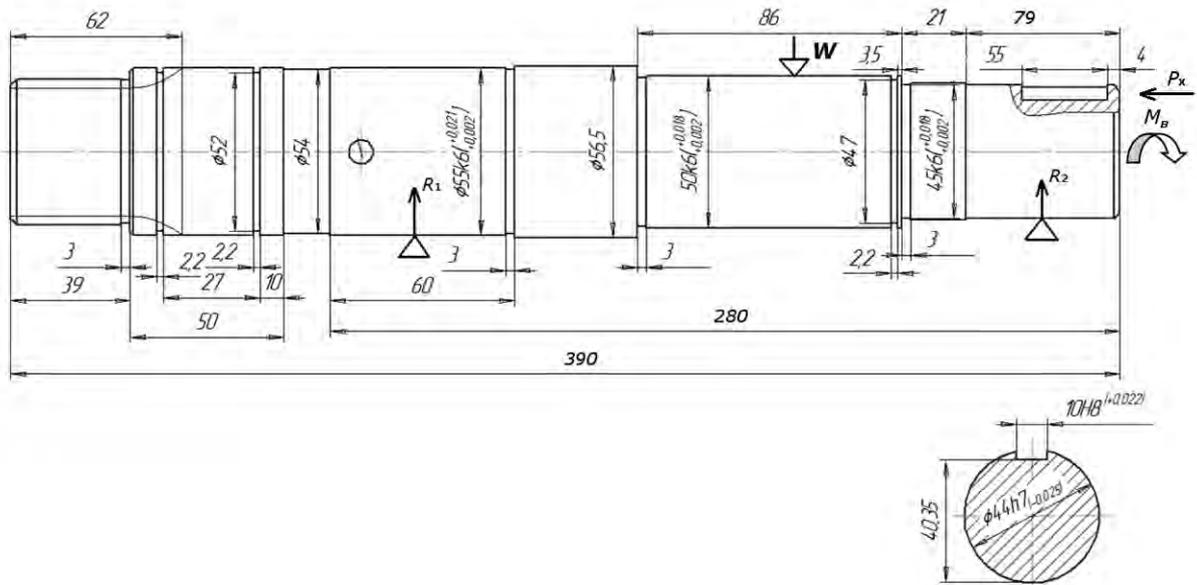


Рисунок 8.5 – Схема для расчета силы закрепления при фрезеровании паза

В данном случае сила закрепления рассчитывается по методике, показанной в примере 1. Разница в том, что нужно учитывать две поверхности базирования и три радиуса  $r_1$ ,  $r_2$  и  $r_3$  в месте приложения реакций  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  при определении моментов трения. При составлении расчетной схемы нужно располагать реакции опор (призм)  $R_1$ ,  $R_2$  так, чтобы расстояния от места приложения силы закрепления  $W$  до этих реакций были одинаковы, тогда реакции  $R_1$ ,  $R_2$  будут одинаковы и равны  $\frac{1}{2} W$ . Реакция  $R_3$  относится к зажимному элементу и совпадает с точкой приложения силы закрепления  $W$  и противоположно ей направлена.

Составим два уравнения равновесия от моментов относительно оси  $X$  вращения вала и сил (см. пример 1):

$$\Sigma m_x = M_e - M_T = 0, \quad (8.17)$$

где  $M_e$  – вращающий момент относительно оси  $X$  заготовки, образованный фрезой

$$\Sigma X = P_x - F_{Tx} = 0, \quad (8.18)$$

и

$$\Sigma m_x = M_e - \frac{W f r_1}{2 \sin \alpha} - \frac{W f r_2}{2 \sin \alpha} - W f r_3 = 0, \quad (8.19)$$

откуда (с учетом коэффициента запаса) получим

$$W = \frac{2K M_e \sin \alpha}{f (r_1 + r_2 + 2r_3 \sin \alpha)}. \quad (8.20)$$



Расчет рычажного устройства сводится к определению соотношения между силой (силами) закрепления и привода (приводов). Исходными данными при этом являются сила закрепления заготовки и ее размер от установочных баз до места приложения силы закрепления.

Порядок расчета рычажных зажимных устройств для различных схем изложен в [2, 5].

*Клиновые и клиноплунжерные зажимы* применяют в сложных зажимных системах. При определенных углах клиновой механизм обладает свойством самоторможения. Чаще всего клиновые устройства применяются в клиноплунжерных механизмах с одноопорными и двухопорными плунжерами, односкосыми и двухскосыми клиньями, с роликами и без них.

Расчет таких устройств сводится к определению сил привода по силам закрепления (зажима). Исходными данными являются сила закрепления заготовки, углы клина, углы трения скольжения или качения.

Последовательность расчета клиновых и клиноплунжерных зажимных устройств представлена в [2, 5].

*Центрирующие зажимы* используют для закрепления заготовок цилиндрической формы. К ним относят цанги, разжимные оправки, зажимные пружинящие втулки, мембранные патроны.

*Эксцентрикковые зажимы* используются в простых и сложных зажимных системах, в приспособлениях типа тисков, поводковых патронах и др. Эксцентрики могут быть с цилиндрическими и криволинейными рабочими поверхностями. Наибольшее распространение из-за простоты изготовления получили круглые эксцентрики-диски, которые часто применяются для непосредственного закрепления заготовок.

Исходными данными при расчете эксцентрикковых зажимов являются сила закрепления заготовки, допуск на размер заготовки от ее установочной базы до места приложения силы закрепления, угол поворота эксцентрика, усилия на рукоятке, другие геометрические параметры эксцентрика.

Конструктивными параметрами эксцентрика, подлежащими определению, являются длина рукоятки, эксцентриситет, диаметр, ширина рабочей части.

Последовательность расчета эксцентрикковых зажимных механизмов изложена в [2, 5].

*Винтовые зажимы* применяют в приспособлениях с ручным закреплением заготовок, в приспособлениях механизированного типа, а также на автоматических линиях в приспособлениях-спутниках. Расчет винтовых зажимных устройств ведется в соответствии с методикой, изложенной в [1, 4].

#### **8.4 Пример расчета зажимных механизмов приспособления**

На рисунке 8.7 показана схема станочного приспособления для сверления или фрезерования заготовки-пластины с комбинированным зажимным механизмом и поршневым пневмоприводом.



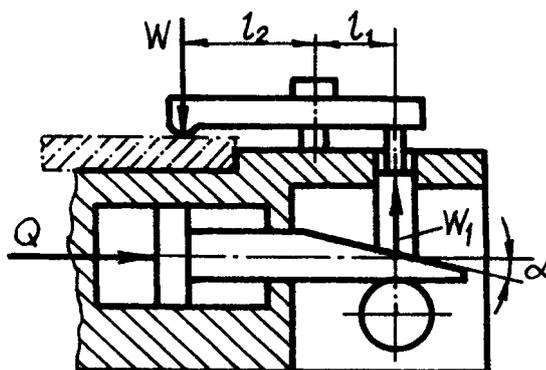


Рисунок 8.7 – Схема приспособления с комбинированным зажимным механизмом

Заготовка закрепляется силой  $W$ , усилие на приводе –  $Q$  (см. рисунок 8.7). Комбинированный зажимной механизм состоит из рычажного механизма и клиноплунжерного.

Передаточное отношение сил рычажно-клиноплунжерного механизма

$$i = i_1 \cdot i_2, \quad (8.24)$$

где  $i_1$  – передаточное отношение сил рычажного механизма;

$i_2$  – передаточное отношение сил клиноплунжерного механизма.

Сила на приводе с комбинированным зажимным механизмом

$$Q = W / i; \quad (8.25)$$

$$Q = W \frac{l_2 (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_3)}{l_1 (1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_2)}, \quad (8.26)$$

где  $\alpha$  – угол скоса клина (если на скосе нет ролика, то для обеспечения само-торможения принимают  $\alpha < 5,5^\circ$  (см. рисунок 8.7));

$\varphi_1$  – угол трения скольжения на наклонной плоскости клина;

$\varphi_2$  – угол трения скольжения на вертикальной плоскости плунжера;

$\varphi_3$  – угол трения качения на горизонтальной плоскости клина.

Для схемы на рисунке 8.7 можно принимать  $\varphi_1 = \varphi_2 = 11^\circ$ ,  $\varphi_3 = 3^\circ$ .

Если используется прямой зажим заготовки от привода, то зажимной механизм не рассчитывают, при этом  $Q = W$ .

## 9 Расчет и выбор параметров механизированного привода

### 9.1 Рекомендации выбора механизированного привода

После расчета зажимного механизма (если используется не прямой зажим от привода) и определения силы на его ведущем звене (силы на приводе  $Q$ ) выбирают тип привода и производят его расчет. Тип привода станочного приспособления выбирается при его эскизной проработке, а расчет основных парамет-

ров этого привода, определяющих в конечном счете его габариты и конструктивное исполнение, выполняется по найденным значениям приводной силы и требуемой величине рабочего хода исполнительного органа привода.

В курсовой работе нужно проектировать механизированный привод. В основном это пневмо- или гидропривод. Если сила закрепления  $W$  обеспечивается, то принимают пневмопривод. Если усилий на приводе недостаточно для закрепления заготовки (например, при расчете пневмопривода получился очень большой диаметр цилиндра, несоизмеримый с размерами приспособления), то выбирают и рассчитывают гидропривод.

Расчет *пневмопривода* (поршневых пневмоцилиндров и пневмокамер – пневмоцилиндров с мембраной) выполняется в соответствии с методикой, приведенной в [2, 5]. Исходными данными являются усилие на штоке (сила на приводе)  $Q$  и длина рабочего хода. Габаритные и конструктивные размеры выбирают по [3–5]. Порядок расчета *гидропривода*, а также его конструкции и конструктивные размеры приведены в [2, 5].

Сила на штоке поршневого пневмоцилиндра двустороннего действия:  
– для толкающей силы

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p \eta ; \quad (9.1)$$

– для тянущей силы

$$Q = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} p \eta , \quad (9.2)$$

где  $D$  – диаметр пневмоцилиндра;

$d$  – диаметр штока;

$\eta$  – КПД пневмопривода,  $\eta = 0,85 \dots 0,95$ ;

$p$  – рабочее давление сжатого воздуха,  $p = 0,4 \dots 0,63$  МПа.

Сила на штоке пневмоцилиндра одностороннего действия, когда возврат поршня в исходное положение осуществляется усилием пружины,

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p \eta - P_n , \quad (9.3)$$

где  $P_n$  – сила сопротивления возвратной пружины при крайнем рабочем положении поршня.

В курсовой работе по рассчитанному значению силы на приводе  $Q$  определяется диаметр цилиндра или диаметр диафрагмы пневмокамеры  $D$ . Диаметр штока  $d$  принимается в долях диаметра цилиндра  $D$  :

$$d = (0,24 \dots 0,26) D . \quad (9.4)$$



Рабочее давление воздуха в пневмоприводах принимается: для пневмоцилиндров  $p = 0,5$  МПа; для пневмокамер  $p = 0,4$  МПа.

Расчет *гидропривода* выполняется по тем же формулам, как и для поршневого пневмопривода (9.1)–(9.4). Для расчета гидропривода принимают:

$\eta$  – КПД гидропривода,  $\eta = 0,9 \dots 0,96$ ;

$p_{ж}$  – рабочее давление сжатого воздуха,  $p_{ж} = 5 \dots 10$  МПа.

## 9.2 Пример расчета пневмотического диафрагменного привода

Усилие на штоке пневмотического диафрагменного привода (пневмокамеры) двустороннего действия рассчитывается по формуле

$$Q = 0,196(D + d)^2 p, \quad (9.5)$$

где  $D$  – рабочий диаметр диафрагмы;

$d$  – диаметр опорной шайбы,  $d = 0,7D$ ;

$p$  – давление сжатого воздуха,  $p = 0,4$  МПа.

Тогда

$$Q = 0,196(D + 0,7D)^2 p; \quad (9.6)$$

$$Q = 0,196 \cdot 2,89 D^2 \cdot p. \quad (9.7)$$

Из формулы (9.7) находим диаметр диафрагмы:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0,196 \cdot 2,89 p}}. \quad (9.8)$$

Например, рассчитаем  $D$  для  $Q = 3200$  Н:

$$D = \sqrt{\frac{3200}{0,196 \cdot 2,89 \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = 0,119 \text{ м} = 119 \text{ мм}.$$

Принимаем стандартное значение диаметра диафрагмы  $D = 125$  мм [5].

## 10 Прочностные расчеты деталей приспособления

При расчете на прочность определяют наиболее нагруженные детали приспособления, например, расчет прочности резьбы на срез или смятие, расчет диаметра винта, расчет прочности стержней на растяжение, расчет осей на изгиб и срез и др.

Чаще всего на стадии проектирования приспособлений прочностные расчеты ведутся по допускаемым напряжениям методами сопротивления материалов.



Расчетные формулы или условия прочности, лежащие в основе этих расчетов, выбираются в зависимости от вида нагружения элемента конструкции (растяжение-сжатие, изгиб, кручение, сдвиг или срез). Допускаемые нормальные напряжения выбираются в зависимости от применяемого материала и его термообработки.

*В кусовой работе* при использовании пневмо- или гидропривода слабым элементом является резьба на штоке, с помощью которой шток соединен с поршнем. Шток привода воспринимает в данном случае максимальную нагрузку при закреплении заготовки в приспособлении. При этом *рассчитывают резьбу на прочность (по допускаемым напряжениям на растяжение, срез, смятие)*.

## 11 Расчет приспособления на точность

### 11.1 Выбор расчетного параметра точности приспособления

Точность обработки заготовок в приспособлении зависит от точности его изготовления и установки на станке, износа установочных элементов и жесткости приспособления.

Для оценки точности приспособления необходимо установить, какую часть допуска выполняемого размера заготовки в данном приспособлении можно на него отнести. И эту часть допуска можно распределить на допуски размеров деталей приспособления, решая соответствующую его размерную цепь.

Расчет приспособления на точность заключается в определении точности его изготовления по определенному *параметру*. В качестве *расчетных параметров* могут выступать: допуски линейных и угловых размеров приспособления; допуски параллельности или перпендикулярности рабочей поверхности установочных элементов по отношению к поверхности корпуса приспособления, контактирующей со станком; допуск соосности и перпендикулярности осей цилиндрических поверхностей приспособления; допуски расположения кондукторных втулок относительно установочных поверхностей приспособления; допуски межцентровых расстояний между кондукторными втулками и т. п. Чаще всего расчетный параметр определяет точность положения рабочих поверхностей установочных элементов приспособления относительно опорных поверхностей корпуса, которыми приспособление соединяется со станком (столом или шпинделем). Это означает, что *расчетный параметр должен связывать по точности относительное расположение двух поверхностей приспособления – контактирующих с заготовкой и со станком*.

Направление расчетного параметра приспособления должно совпадать с направлением выполняемого размера при обработке заготовки в данном приспособлении. Если при обработке выдерживается несколько размеров в различных направлениях, то расчет приспособления на точность можно вести в направлении наиболее точного по допуску размера.

## 11.2 Расчет допуска на изготовление приспособления

Известно из [2], что погрешность обработки, определяющая величину допуска  $T$ , выполняемого на данной операции размера, складывается из погрешности базирования  $\varepsilon_b$ ; погрешности закрепления  $\varepsilon_z$ ; погрешности положения заготовки в приспособлении, состоящей из погрешности изготовления приспособления  $\varepsilon_{np}$ ; погрешности его установки на станке  $\varepsilon_y$ , погрешности, связанной с износом элементов приспособления  $\varepsilon_u$ ; погрешности от перекоса инструмента  $\varepsilon_n$ ; погрешности, вызываемой другими факторами, не зависящими от приспособления. Тогда, если известен допуск  $T$  на обработку, погрешность изготовления приспособления  $\varepsilon_{np}$  по расчетному параметру или допуск на изготовление приспособления  $T_{np}$  будет определяться соотношением

$$\varepsilon_{np} = T_{np} = T - K_T \sqrt{(K_{T1}\varepsilon_b)^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_n^2 + (K_{T2}\omega)^2}, \quad (11.1)$$

где  $K_T$  – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния случайных погрешностей от закона нормального распределения,  $K_T = 1 \dots 1,2$ ;

$K_{T1}$  – коэффициент, учитывающий возможность уменьшения  $\varepsilon_b$  при работе на настроенных станках,  $K_{T1} = 0,8 \dots 0,85$ ;

$K_{T2}$  – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки, вызванную факторами, не зависящими от приспособления,  $K_{T2} = 0,6 \dots 0,8$ ;

$\omega$  – экономическая точность обработки.

Расчет точности приспособлений можно вести по методике, представленной в данных методических рекомендациях и в [2, 5, 6].

Экономическая точность обработки – это точность, которая может быть обеспечена при данном способе обработки с наименьшими затратами. Каждому способу обработки в зависимости от ее условий соответствует определенная экономическая точность. В таблице В.1 приводятся сведения о средней экономической точности обработки; в таблице В.2 – допуски для размеров от 1 до 500 мм по ГОСТ 25346–82.

Экономическая точность обеспечения требуемой формы и расположения обрабатываемых поверхностей принимается равной 60 % от экономической точности выполняемого размера.

## 11.3 Пример расчета на точность многоместного фрезерного приспособления для обработки пазов

На рисунке 11.1 показаны схема фрезерования пазов заготовок, установленных в призмах, и эскиз готовой детали с допусками на выполняемые размеры.



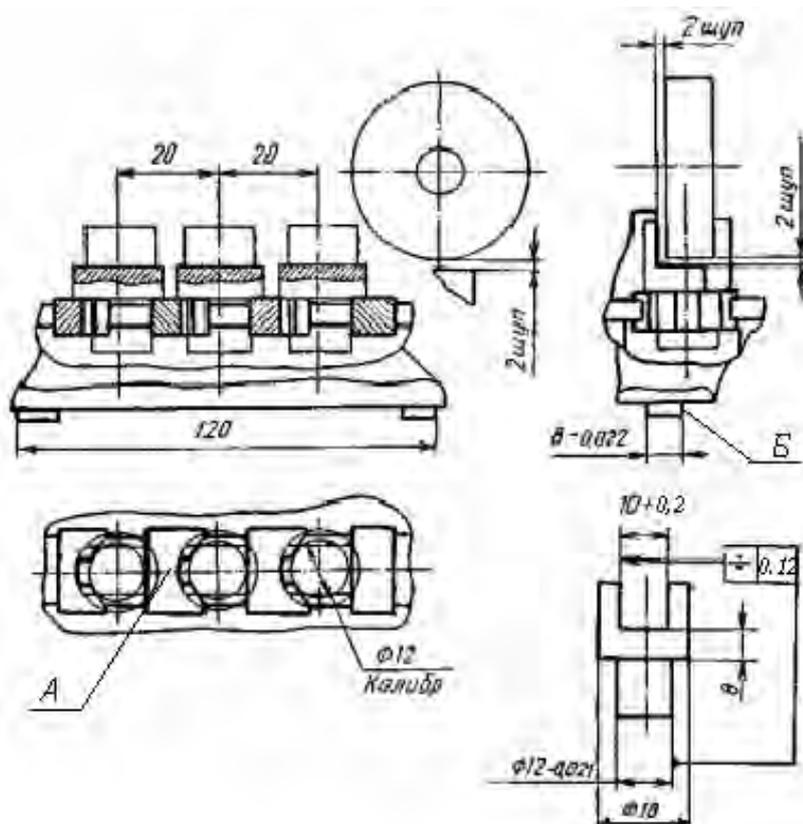


Рисунок 11.1 – Многместное фрезерное приспособление для обработки пазов

В таблице 11.1 представлен расчет на точность фрезерного приспособления для обработки пазов.

Таблица 11.1 – Расчет на точность фрезерного приспособления для обработки пазов

Расчетный фактор	Расчет на точность
Выполняемый размер по чертежу детали	Отклонение от симметричности паза (размер 10 мм) относительно диаметра 12 мм не более 0,12 мм
Выбор расчетного параметра точности приспособления	Отклонение от параллельности оси симметрии призмы <i>А</i> относительно поверхности шпонки <i>Б</i>
Погрешность базирования	$\varepsilon_6 = 0$ , так как совмещены измерительная и установочная базы (оси симметрии заготовки и призмы), а погрешностями расположения и формы базовых поверхностей можно пренебречь
Погрешность закрепления	$\varepsilon_3 = 0$ , так как при закреплении не происходит смещения заготовки в направлении выдерживаемого размера

Окончание таблицы 11.1

Расчетный фактор	Расчет на точность
Погрешность установки приспособления на станке	$\varepsilon_y = l \cdot s / l_{um} = 58 \cdot 0,044 / 120 = 0,021$ мм, где $s$ – максимальный зазор между шпонкой и пазом стола при посадке H8/h8, $s = 0,044$ мм; $l_{um} = 120$ мм; $l = 20 + 20 + 18 = 58$ мм (см. рисунок 11.1)
Погрешность от смещения инструмента	$\varepsilon_n = \Delta_n + T_{ц} = 0,005 + 0,004 = 0,009$ мм, где $\Delta_n$ – точность деления шкалы механизма перемещения фрезы, $\Delta_n = 0,005$ мм; $T_{ц}$ – точность изготовления шупа, $T_{ц} = 0,004$ мм
Погрешность из-за износа установочных элементов приспособления	$\varepsilon_u = 0$ , так как паз располагается симметрично относительно изнашиваемой поверхности призмы
Экономическая точность обработки	$\omega = 0,09$ мм для фрезерования по 11 качеству (см. таблицы Б.1 и Б.2)
Расчет допуска на изготовление приспособления	$T_{np} = T - K_T \sqrt{(K_{T1} \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_n^2 + (K_{T2} \omega)^2} =$ $= 0,12 - 1,2 \sqrt{0 + 0 + 0,021^2 + 0,009^2 + 0 + (0,6 \cdot 0,09)^2} =$ $= 0,049$ мм. Таким образом, для выбранного расчетного параметра допуском на приспособление является <i>отклонение от параллельности оси симметрии призм относительно боковой поверхности шпонки, равное 0,049 мм</i>
Установление допусков на звенья размерной цепи (деталей приспособления)	По найденному допуску на изготовление приспособления $T_{np}$ назначим допуски на составляющие звенья размерной цепи. Допуск на приспособление включает: отклонение от симметричности оси калибра диаметром 12 мм относительно направляющих призм, принимаем 0,02 мм; зазор между направляющими и призмами (посадка призм в направляющих H7/g6, что даст максимальный зазор 0,034 мм); отклонение от параллельности направляющих призм и боковой поверхности призмы $B$ , принимаем 0,02 мм. Учитывая случайный характер составляющих погрешностей, найдем $\varepsilon_{np} = \sqrt{0,02^2 + 0,034^2 + 0,02^2} = 0,044$ мм, что меньше $T_{np} = 0,049$ мм
Технические требования к приспособлению по обеспечению величины расчетного параметра точности (допуска на изготовление приспособления)	В технических требованиях на изготовление приспособления (на сборочном чертеже) нужно указать: <i>отклонение от параллельности оси симметрии призм <math>A</math> относительно поверхности шпонки <math>B</math> 0,049 мм</i>

В таблице 11.1 погрешности определялись по формулам и таблицам, приведенным в [1, 2, 5, 6].

### 11.4 Установление допусков на звенья размерной цепи

После определения допуска на изготовление приспособления  $T_{np}$  составляется размерная цепь. Затем устанавливаются допуски звеньев этой размерной цепи, т. е. по найденному допуску на изготовление приспособления  $T_{np}$  рассчитываются допуски на изготовление отдельных его деталей, ответственных за допуск выполняемого размера.

На заключительном этапе расчета приспособления на точность формулируются технические требования к ее обеспечению.

В результате расчета размерной цепи отдельные детали приспособления могут иметь технологически недостижимую точность. В этом случае следует принять технические решения, которые способны расширить допуск на изготовление приспособления или уменьшить длину размерной цепи.

## 12 Разработка сборочного чертежа и технических требований к приспособлению

Сборочный чертеж приспособления разрабатывается на основе конструктивной схемы и выполненных расчетов зажимных устройств и механизированных приводов, а также прочностных расчетов отдельных деталей приспособления, в ходе которых найдены габаритные размеры и подобраны подходящие конструкции этих элементов приспособлений.

Вычерчивается сборочный чертеж приспособления в удобном масштабе (лучше 1:1), изображается требуемое для полного понимания конструкции и деталировки приспособления количество проекций с необходимыми разрезами и видами, а также нумерацией деталей для составления спецификации.

На сборочном чертеже приспособления изображаются все его элементы: опоры или опорные устройства, зажимные устройства и их приводы, установочные и другие вспомогательные элементы, корпус приспособления, установочные элементы корпуса для его закрепления на станке, а также элементы для захвата и транспортировки приспособления. Особое внимание уделяется выбору методов соединения деталей приспособления в сборочные единицы, а также обеспечению простоты и удобства их монтажа при сборке.

На чертеже указываются габаритные размеры, посадки гладких соединений.

На сборочном чертеже приводятся техническая характеристика (*сила закрепления и сила на приводе*) и технические требования (*по результатам расчета приспособления на точность*). Составляется спецификация.

На рисунках Г.1–Г.3 показаны примеры схем отдельных видов приспособлений сборочных чертежей; на рисунке Д.1 – пример выполнения сборочного чертежа приспособления на листе формата А1.



## 13 Описание конструкции приспособления и принципа его работы

Приводятся описание конструкции приспособления с указанием позиций в соответствии со спецификацией и подробный принцип его работы.

## 14 Заключение

В данном разделе пояснительной записки следует отметить:

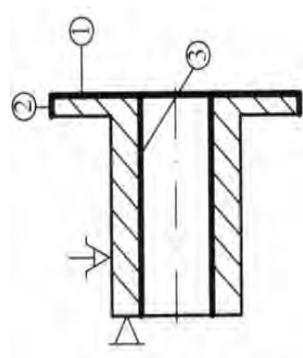
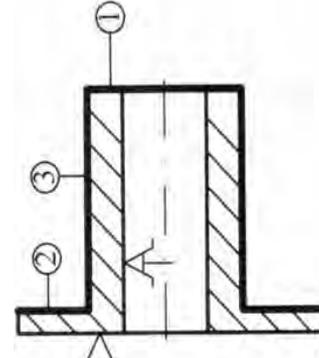
- преимущества разработанного приспособления по сравнению с возможными;
- область применения разработанного приспособления.

## Список литературы

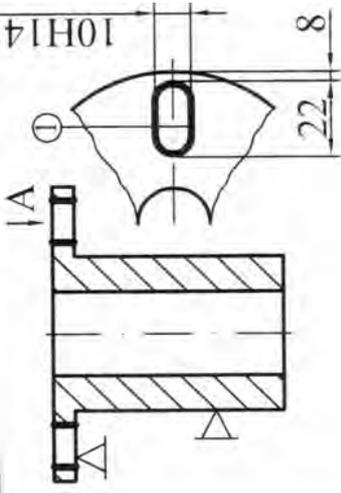
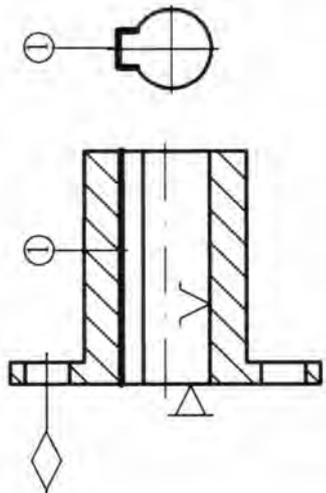
- 1 Справочник технолога-машиностроителя: справочник в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.
- 2 Технологическая оснастка: учебник для студентов машиностр. специальностей вузов / М. Ф. Пашкевич [и др.]. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 320 с.
- 3 Станочные приспособления: справочник в 2 т. / Под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова. – Москва: Машиностроение, 1984. – Т. 1. – 592 с.: ил.
- 4 Станочные приспособления: справочник в 2 т. / Под ред. Б. Н. Вардашкина, В. В. Данилевского. – Москва: Машиностроение, 1984. – Т. 2. – 656 с.: ил.
- 5 **Антонюк, В. Е.** Конструктору станочных приспособлений: справочное пособие / В. Е. Антонюк. – Минск: Беларусь, 1991. – 400 с.
- 6 Расчет приспособлений на точность: метод. указания к контрольной работе для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» заочной формы обучения / Сост. М. Ф. Пашкевич, А. В. Капитонов. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2009. – 33 с.

## Приложение А (рекомендуемое)

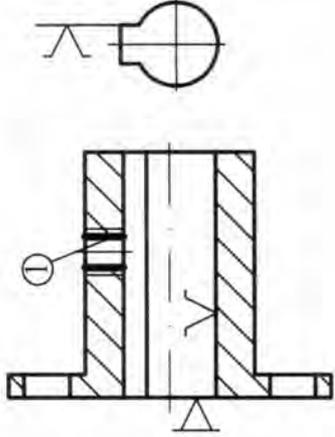
Таблица А.1 – Маршрутный технологический процесс изготовления детали

Наименование и содержание операции	Наименование и модель станка	Схема базирования и операционный эскиз обработки	Режущий, мерительный инструмент	Скорость резания $V$ , м/мин	Подача $S$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм
05 – Токарная с ЧПУ 1. Точить торец 1 и поверхность 2 2. Сверлить отверстие 3	HAAS TL-1		Резец проходной, сверлен-циркуль			
10 – Токарная с ЧПУ 1. Точить торцы 1 и 2 и поверхность 3	HAAS TL-1		Резец проходной, штангенциркуль			

Продолжение таблицы А.1

Наименование и содержание операции	Наименование и модель станка	Схема базирования и операционный эскиз обработки	Режущий, мерительный инструмент	Скорость резания $V$ , м/мин	Подача $S$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм
<p>15 – Вертикально-фрезерная                      1. Фрезеровать 8 пазов 1</p>	<p>БР11</p>		<p>Фреза шпоночная, штангенциркуль</p>	<p>15,7</p>	<p>0,036</p>	<p>5</p>
<p>20 – Г горизонтально-протяжная                      1. Протянуть шпоночный паз 1</p>	<p>7Б510</p>		<p>Протяжка шпоночная, калибр</p>			

Окончание таблицы А.1

Наименование и содержание операции	Наименование и модель станка	Схема базирования и операционный эскиз обработки	Режущий, мерительный инструмент	Скорость резания $V$ , м/мин	Подача $S$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм
25 – Вертикально-сверлильная 1. Сверление отверстия 1 2. Нарезание резьбы М6	2Н118		Сверло $\varnothing 5$ , метчик М6, калибр-пробка М6-6Н			

## Приложение Б (рекомендуемое)

Таблица Б.1 – Скорость резания при обработке отверстий инструментом из быстрорежущей стали

Обрабатываемый материал	Диаметр обрабатываемого отверстия $d$ , мм	Скорость $v$ , м/мин, для различных значений подачи $s$ , мм/об			
		От 0,1...0,15	Св. 0,15...0,2	Св. 0,2...0,3	Св. 0,3...0,4
Сталь	Центрование и сверление				
	6...7	21	–	–	–
	8...9	23	19	–	–
	10...11	25	22	–	–
	12...15	27	23	19	–
	16...19	30	26	22	–
	20...24	33	29	24	21
	25...31	–	32	26	23
	32...40	–	34	29	24
Чугун	Центрование и сверление				
	6...7	27	24	–	–
	8...9	28	25	–	–
	10...11	31	27	24	–
	12...15	32	28	25	–
	16...19	–	31	28	24
	20...24	–	32	29	25
	25...31	–	34	31	26
	32...40	–	36	34	27

Таблица Б.2 – Значение коэффициентов и показателей степени в формулах крутящего момента и осевой силы при сверлении сверлами с материалом режущей части из быстрорежущей стали

Обрабатываемый материал	Коэффициент и показатели степени в формулах					
	крутящего момента			осевой силы		
	$C_m$	$q$	$y$	$C_p$	$q$	$y$
Конструкционная углеродистая сталь	0,034	2,0	0,8	68	1,0	0,7
Жаропрочная сталь	0,041	2,0	0,7	143	1,0	0,7
Серый чугун	0,021	2,0	0,8	42,7	1,0	0,8



## Приложение В (рекомендуемое)

Таблица В.1 – Средняя экономическая точность обработки поверхностей  
зависимости от способа и условий обработки

В

Вид и условие обработки поверхностей	Квалитет	Примечание
<b>Наружные цилиндрические поверхности</b>		
<i>Точение:</i>		Для поверхностей длиной до 150 мм, при большей длине на один квалитет грубее
черновое	13...12	
чистовое	11	
чистовое повышенной точности	10	
тонкое	7	
<i>Шлифование:</i>		
однократное	9	
чистовое после однократного	8	
чистовое повышенной точности	6	
<b>Внутренние цилиндрические поверхности</b>		
<i>Сверление:</i>		
без кондуктора	13...12	
по кондуктору	11	
<i>Зенкерование и растачивание резцами:</i>		
черновое	13...12	
чистовое	11	
чистовое повышенной точности	10	
тонкое	7	
<i>Развертывание:</i>		
однократное стали	9	
однократное чугуна и чистовое стали	8	
чистовое чугуна и повышенной точности стали	7	
повышенной точности чугуна	6	
<i>Шлифование:</i>		
однократное	9	
чистовое после однократного	8	
чистовое повышенной точности	7	
<i>Хонингование</i>	6	



Окончание таблицы В.1

Вид и условие обработки поверхностей	Квалитет	Примечание
<b>Плоскости</b>		
<i>Фрезерование и строгание:</i>		
черновое стали	13...12	
черновое чугуна и чистовое стали	11	
чистовое чугуна	10	
чистовое повышенной точности	9	
<i>Шлифование:</i>		
однократное	9	
чистовое	8	
чистовое повышенной точности	7	
<i>Точение торцовых поверхностей:</i>		
черновое	11	
чистовое	10	
<i>Шлифование торцовых поверхностей</i>	8...7	
<i>Фрезерование фасонной фрезой:</i>		
черновое	12...11	
чистовое	11...10	
<i>Фрезерование выступов и пазов:</i>		
дисковой фрезой	13...12	
концевой фрезой	12...11	

Таблица В.2 – Допуски для размеров от 1 до 500 мм по ГОСТ 25346–82

Интервал размеров, мм	Квалитет точности											
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Допуски, мкм											
От 1 до 3	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
Св. 3 до 6	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
Св. 6 до 10	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
Св. 10 до 18	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
Св. 18 до 30	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
Св. 30 до 50	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
Св. 50 до 80	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
Св. 80 до 120	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
Св. 120 до 180	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
Св. 180 до 250	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
Св. 250 до 315	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
Св. 315 до 400	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
Св. 400 до 500	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300



## Приложение Г (рекомендуемое)

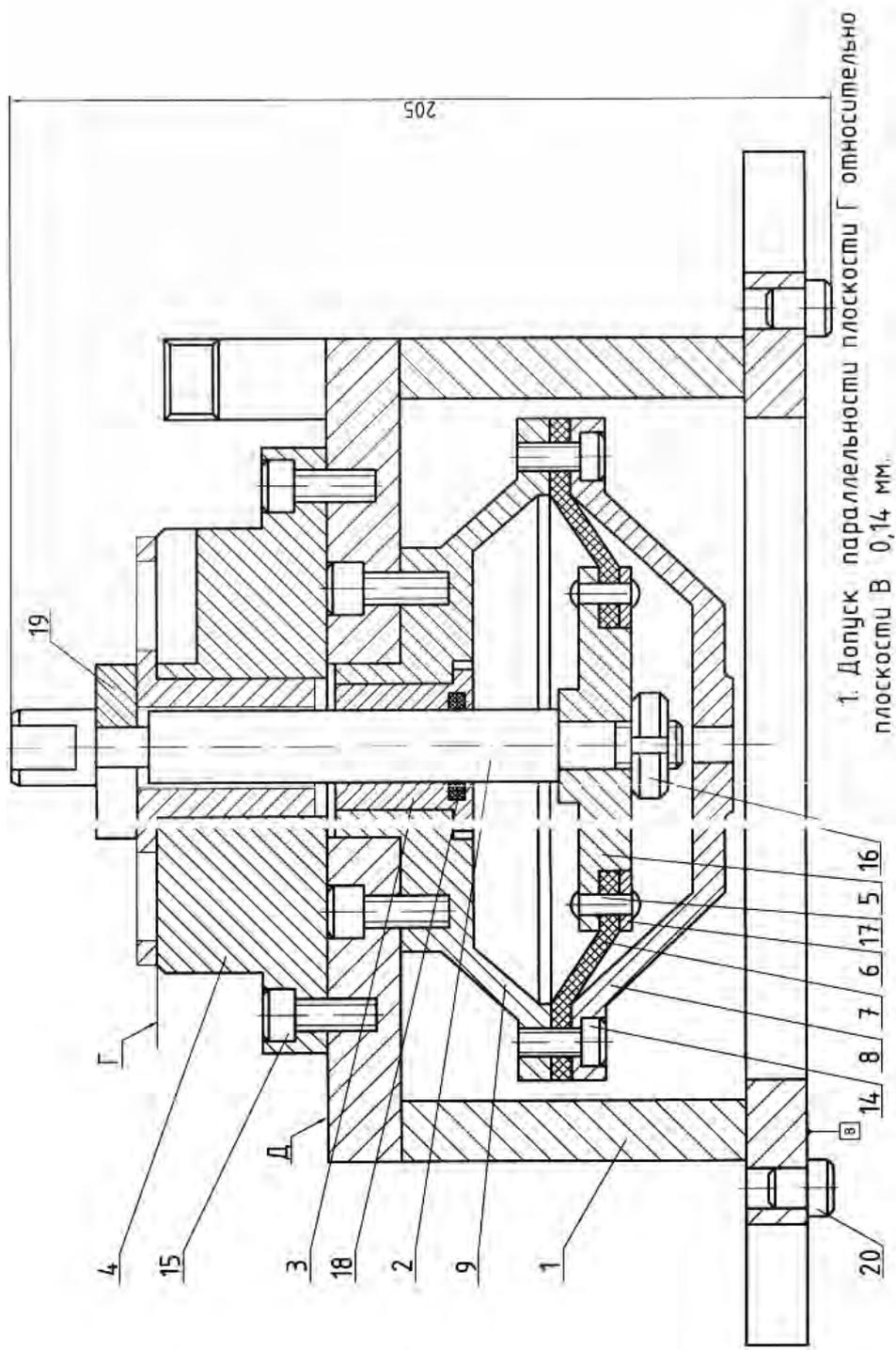


Рисунок Г.1 – Приспособление для фрезерования пазов

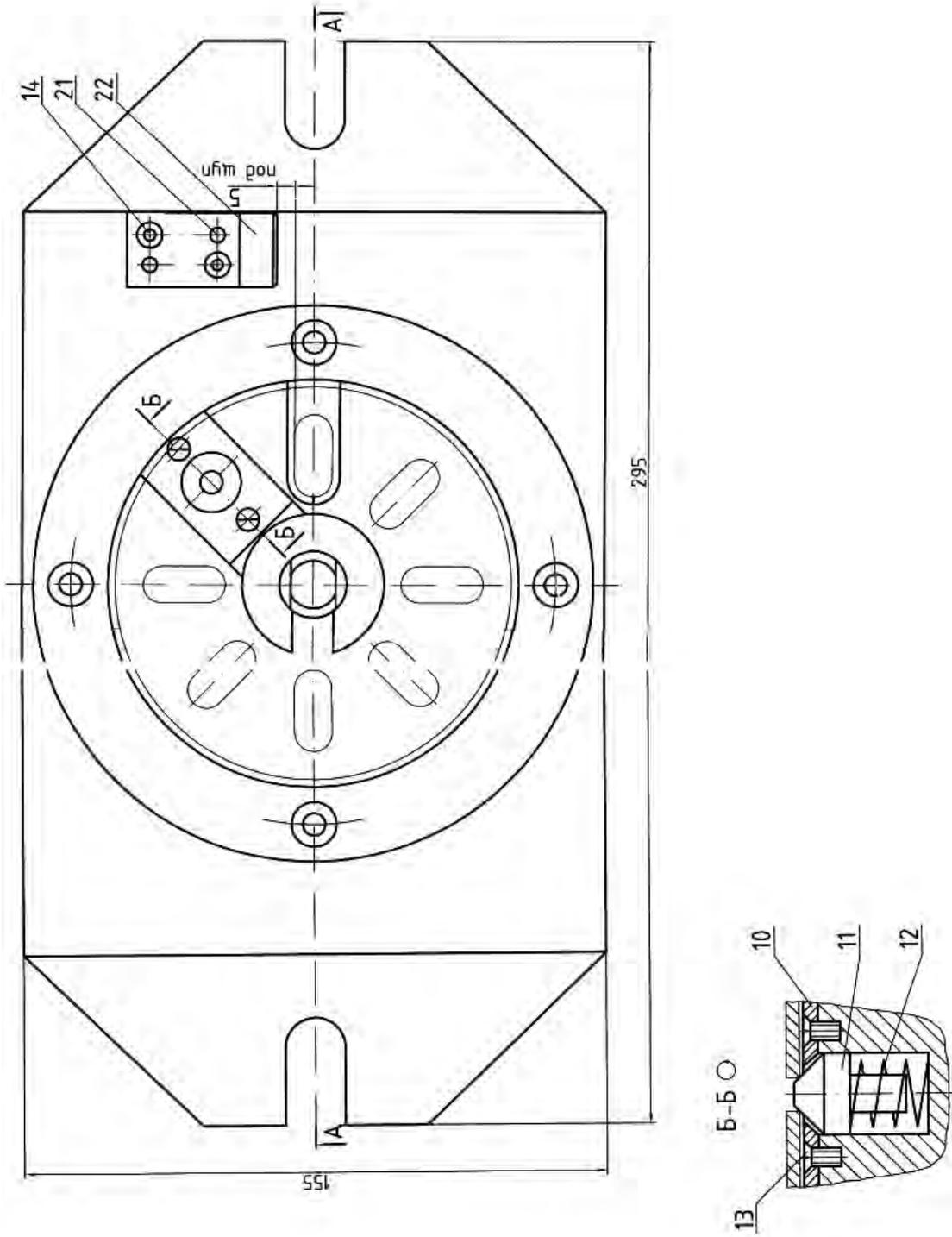
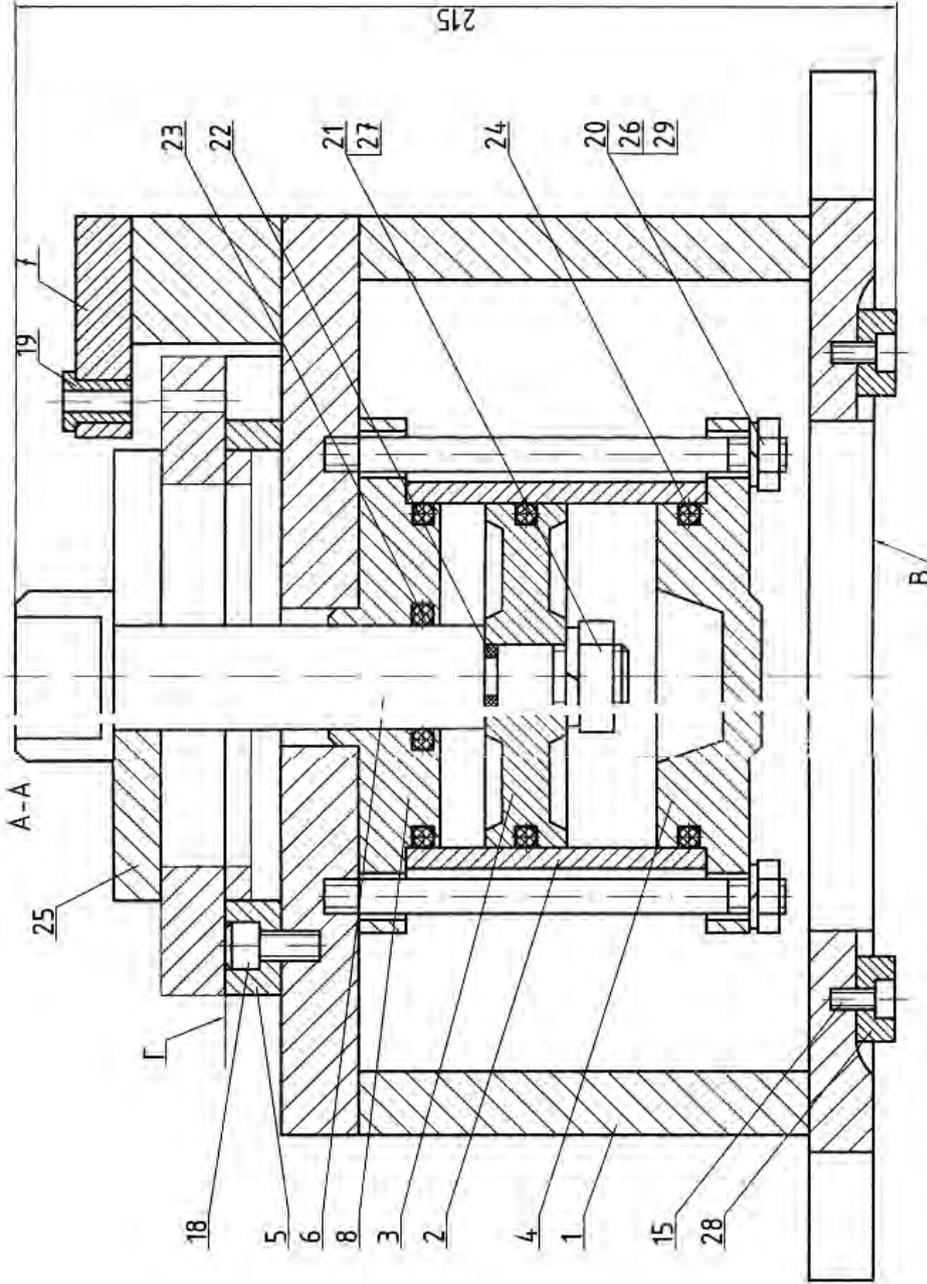


Рисунок Г.2 – Приспособление для фрезерования пазов (вид сверху)



1. Неперпендикулярность оси кондукторной втулки (по: 19) относительно плоскости Г не более 0,05 мм.
2. Непараллельность плоскости Г относительно плоскости В не более 0,09 мм.

Рисунок Г.3 – Приспособление сверлильное

## Приложение Д (рекомендуемое)

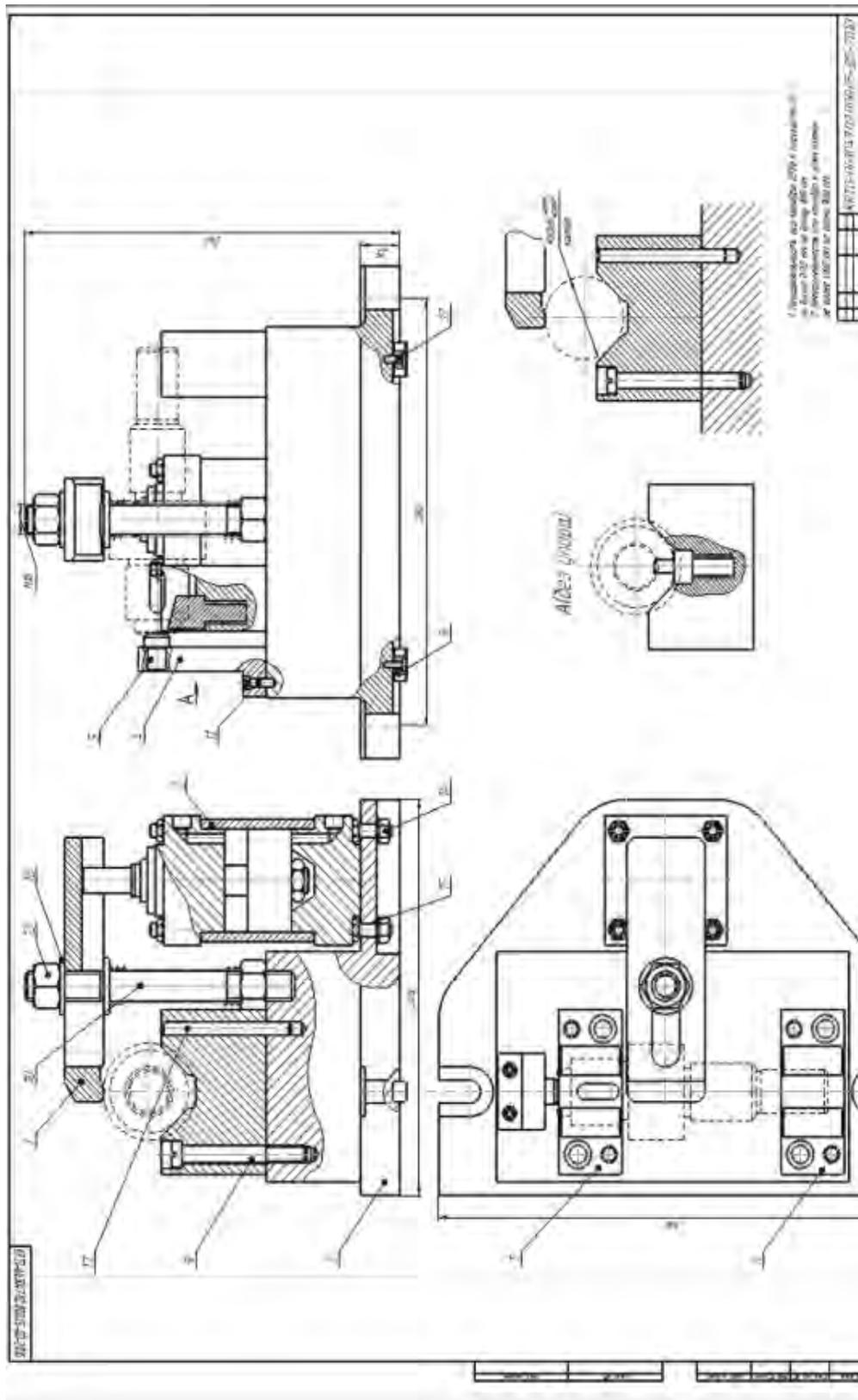


Рисунок Д.1 – Пример выполнения сборочного чертежа приспособления (приспособления для фрезерования паза)